

**Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Katedra telekomunikační techniky**

**Datová propustnost bezdrátové sítě pro požární hlásiče**

**Data Throughput of Wireless Network for Fire Alarms**

**2015**

**Tomáš Polášek**

## Zadání bakalářské práce

Student: **Tomáš Polášek**  
Studijní program: B2647 Informační a komunikační technologie  
Studijní obor: 2612R059 Mobilní technologie  
Téma: **Datová propustnost bezdrátové sítě pro požární hlásiče**  
**Data Throughput of Wireless Network for Fire Alarms**

### Zásady pro vypracování:

V současné době se v Ostravě využívá rádiový systém pro přenos informací z požárních hlásičů různých budov na centrální přijímač. Systém je funkční, avšak občas vykazuje rušení, které brání v přenosu informací.

1. Popište kmitočtová pásma, digitální modulace, elektronické rádiové moduly a antény používané v dálkových ovladačích a bezdrátové měřicí a řídicí technice.
2. Analyzujte datovou propustnost aktuálně využívané bezdrátové sítě pro přenos informací z požárních hlásičů, a sepište možné zdroje rušení, ovlivňující stávající síť.
3. Navrhněte vylepšenou verzi bezdrátové sítě pro přenos informací z požárních hlásičů z hlediska datové propustnosti a odolnosti vůči vyskytujícímu-se typu rušení.

### Seznam doporučené odborné literatury:

ŽALUD, Václav. Moderní radioelektronika. 1. vyd. Praha: BEN, 2000, 656 s. ISBN 80-86056-47-3.

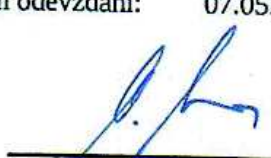
DOBEŠ, Josef; ŽALUD, Václav. Moderní radiotechnika. 1. vyd., BEN - technická literatura. Praha 2006. 768 stran. ISBN 80-7300-132-2.

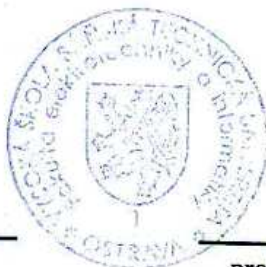
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Martin Tomis**

Datum zadání: 01.09.2014

Datum odevzdání: 07.05.2015

  
doc. Ing. Miroslav Vozňák, Ph.D.  
vedoucí katedry



  
prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.  
děkan fakulty

1. Popište kmitočtová pásma, digitální modulace, elektronické rádiové moduly a antény používané v dálkových ovladačích a bezdrátové měřicí a řídicí technice.

2. Analyzujte datovou propustnost aktuálně využívané bezdrátové sítě pro přenos informací z požárních hlásičů, a sepište možné zdroje rušení, ovlivňující stávající síť.

3. Navrhněte vylepšenou verzi bezdrátové sítě pro přenos informací z požárních hlásičů z hlediska datové propustnosti a odolnosti vůči vyskytujícímu-se typu rušení.

## Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou/diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne: 6. května 2015



## **Poděkování**

Rád bych poděkoval Ing. Martinu Tomisovi a Ivanu Kyselovi za odbornou pomoc a konzultaci při vytváření této bakalářské práce.

## **Prohlášení zástupce spolupracující právnické nebo fyzické osoby**

„Souhlasím se zveřejněním této bakalářské práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v bakalářských/magisterských programech VŠB-TU Ostrava.“

Dne: 6. května 2015

A handwritten signature in blue ink, written over a horizontal dashed line. The signature is stylized and appears to be a single word or a very short phrase.

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se zabývá ostravskou hasičskou sítí, propustností, rušením a návrhem na vylepšení sítě z hlediska datové propustnosti.

Analýza datové propustnosti byla provedena pomocí vlastního programu napsaného v C#.

Pomocí USB tuneru Rafael Micro R820T s čipsetem RTL2832U a počítačem s operačním systémem Ubuntu 14.04, na kterém byly nainstalován software Librtlsdr, GNU radio GQRX, Teamviewer a Kazam. Těmito programy byly sledovány vstupní kmitočty převaděčů, které neodhalily žádné rušení. Dále byly vypsány možné vlivy teoretického rušení.

Následně byly vymyšleny dvě teoreticky zlepšené varianty systému. První se zabývá obousměrným přenosem, kdy koncové vysílače přijímají zprávu o potvrzení přijetí z převaděče a druhá přidáním dalšího převaděče, který by se při správném umístění, které by bylo na výškové budově domova sester. Hlavní výhodou tohoto řešení je větší pokrytí oblastí. Oba tyto návrhy mají lepší vlastnosti v oblasti datové propustnosti.

## **Klíčová slova**

Propustnost, retranslační stanice, rušení.

## **Abstract**

The bachelor thesis deals with the fire-fighting net in Ostrava, its permeability, disturbance and improvement proposal for this net from the point of view of data permeability.

Analysis of data permeability was made by own programme wrote in C#.

Disturbance was watched by USB tuner Rafael Micro R820T with chipset RTL2832U and with computer with operating system Ubuntu 14.04. On Ubuntu was install a software Librtlsdr, GNU radio GQRX, Teamviewer and Kazam. But the disturbance was not found. The list of the theoretical influences on disturbance was made.

Two theoretical better options were invented. The first one deals with two-way transfer and the second one proposes additional convertor. These suggestions have better properties in the field of data permeability.

## **Key words**

Permeability, relay station, disturbance.



## Seznam použitých zkratk

Zkratka	Význam
<b>ASK</b>	Amplitude Shift Keying
<b>ATSC</b>	Advanced Television Systems Committee
<b>ČTU</b>	Český telekomunikační úřad
<b>DAB+</b>	Digital Audio Broadcasting
<b>DMB-T</b>	Digital Multimedia Broadcasting-Terrestrial
<b>DVB-T</b>	Digital Video Broadcasting - Terrestrial
<b>EPS</b>	Electronic fire systems
<b>ETSI</b>	European Telecommunications Stan-dards Institute
<b>EZS</b>	Electronic security systems
<b>FCC</b>	Federal Communications Commission
<b>FFSK</b>	Fast Frequency Shift Keying
<b>FFT</b>	Fast Furier Transform
<b>FM</b>	Frequency Modulation
<b>FSK</b>	Frequency Shift Keying
<b>HZS</b>	Firefighter rescue system
<b>IBC</b>	Integrated security system
<b>ITU</b>	International Telecommunication Union
<b>MSK</b>	Minimum Shift Keying
<b>PSK</b>	Phase Shift Keying
<b>QAM</b>	Quadrature amplitude modulation
<b>REL</b>	Relay station
<b>SDR</b>	Standart Diameter Ratio
<b>USB</b>	Universal Serial Bus

# Obsah

1	Úvod.....	- 1 -
2	Radiové spektrum, modulace a moduly .....	- 2 -
2.1	Radiové spektrum.....	- 2 -
2.2	Krátké vlny.....	- 3 -
2.3	Velmi krátké vlny.....	- 3 -
2.4	Pásmo ultrakrátkých vln.....	- 3 -
2.5	Digitální modulace .....	- 3 -
2.5.1	Amplitudové klíčování (ASK) .....	- 4 -
2.5.2	Frekvenční klíčování (FSK) .....	- 4 -
2.5.3	Fázové klíčování (PSK).....	- 5 -
2.5.4	Kvadrurní klíčování fázovým posuvem (QPSK).....	- 6 -
2.6	Základní topologie sítě.....	- 6 -
2.6.1	Radiový přijímač .....	- 7 -
2.6.2	Radiový vysílač .....	- 8 -
2.7	Antény .....	- 8 -
2.7.1	Izotropický zářič.....	- 9 -
2.7.2	Směrový zářič.....	- 9 -
2.7.3	Dipólová anténa.....	- 9 -
2.7.4	Yagiho anténa.....	- 10 -
2.8	Bezdrátové dálkové ovládání .....	- 12 -
2.8.1	Infračervené dálkové ovládání .....	- 12 -
2.8.2	Ovládání rádiovým signálem.....	- 13 -
2.9	Elektrická požární a zabezpečovací signalizace (EPS),(EVS).....	- 13 -
2.9.1	Elektronické požární signalizace (EPS) .....	- 13 -
2.9.2	Elektronický zabezpečovací systém (EVS) .....	- 14 -
3	Analýza sítě a návrhy na vylepšení .....	- 16 -
3.1	Přijímač .....	- 16 -
3.2	Retranslační stanice.....	- 16 -
3.3	Pozorování komunikačního kanálu pro případné rušení .....	- 19 -

3.3.1	Parametry použitého DVB-T modulu .....	- 19 -
3.3.2	Instalace knihovny librtlsdr .....	- 21 -
3.3.3	GQRX.....	- 21 -
3.3.4	TeamViewer .....	- 22 -
3.3.5	Kazam.....	- 22 -
3.4	Rušení.....	- 23 -
3.4.1	Teoretické příčiny rušení.....	- 24 -
3.5	Propustnost sítě a návrhy na její vylepšení .....	- 26 -
3.5.1	Stávající propustnost sítě.....	- 26 -
3.5.2	Simulace propustnosti aktuální sítě.....	- 26 -
3.5.3	Realizace programu .....	- 27 -
3.5.4	Přidání retranslační stanice.....	- 28 -
3.5.5	Obousměrná komunikace .....	- 29 -
4	Závěr .....	- 30 -
5	Použitá literatura .....	- 32 -
6	Seznam příloh.....	- 35 -

# 1 Úvod

Tato práce se zabývá ostravskou bezpečnostní sítí, která je rozlehlá po celé Ostravě. Má za úkol ochránit hlídané objekty před případným narušením, nebo požáry a tyto hrozby eliminovat pomocí telegramu poslaného na přijímač IBC Ostrava, odkud mohou být zavolány bezpečnostní složky.

V první kapitole této práce jsou popsána kmitočtová pásma a jejich vlastnosti a digitální modulace aplikované v komunikační technice. Elektrické rádiové moduly a antény využívané v dálkových ovladačích s infračerveným a radiovým signálem. Také moduly a antény v měřicí a řídicí technice se zaměřením na detektory a čidla nacházející se v hasičské síti.

Druhá část této práce se zabývá datovou propustností aktuálně využívané ostravské sítě pro přenos z požárních hlásičů na převaděč. Jsou vypsány možné zdroje rušení ovlivňující tuto síť a návrh na vylepšení bezdrátové sítě. Dále jsou zde popsány všechny způsoby komunikace mezi vysílačem a převaděčem a mezi převaděčem a přijímačem. Vypočtená propustnost mezi požárními hlásiči a převaděči a popis programu vytvořeného pro zjištění procentuálního počtu ztracených telegramů ve vysílání. Za pomoci USB tuneru byl sledován komunikační kanál převaděče pro zjištění případného rušení a vypsány možné příčiny vzniku. Na konci práce jsou dva teoretické návrhy vylepšené sítě z hlediska datové propustnosti a vypsány jejich klady a zápory.

## 2 Radiové spektrum, modulace a moduly

### 2.1 Rádiové spektrum

Po celém světě je frekvenční spektrum rozděleno organizací, která tuto problematiku řeší. Jde o Mezinárodní telekomunikační unii ITU (International Telecommunication Union), jejímž úkolem je efektivně přidělovat kmitočtová spektra. ITU definuje služby, které lze ve vybraném spektru používat, a také určuje povolené vysílací výkony. Dále vydává pro konkrétní skupiny pravidla a doporučení pro telekomunikace. [5]

V rámci Evropy působí organizace ETSI (European Telecommunications Standards Institute). V Americe pak FCC (Federal Communications Commission).

V České republice zajišťuje funkci správce frekvenčního spektra a regulátora úřad ČTÚ (Český telekomunikační úřad). Ten má za úkol rozdělit a přidělit na základě mezinárodního koordinačního plánu ITU frekvenční spektrum.

Rádiovým spektrem jsou elektromagnetické vlny o kmitočtech od 9 kHz do 3 000 GHz šířené prostorem bez zvláštního vedení. Jsou vyzařovány anténami a délka vlny odpovídá délce nosné vlny. Rozsah vlnových délek je od 33 km do 0,1 mm. [5]

Rádiové spektrum je rozděleno do devíti pásem podle Radiokomunikačního řádu, viz následující obrázek (2.1).

Na základě dané frekvence signálu rozeznáváme tři typy šíření rádiových vln:

- Přímá vlna, která se šíří přímo volným prostorem.
- Povrchová (přízemní) vlna se šíří podél zemského povrchu.
- Prostorová vlna se šíří po odrazu, popř. ohybu v horních vrstvách ionizované atmosféry

Obrázek 2.1: *Detailní rozdělení frekvenčních pásem [5]*

ELF	VLF	LF	MF	HF	VHF	UHF	SHF	EHF
Extremely Low Frequency	Very Low Frequency	Low Frequency	Medium Frequency	High Frequency	Very High Frequency	Ultra High Frequency	Super High Frequency	Extremely High Frequency
Extrémně dlouhé vlny	Velmi dlouhé vlny	Dlouhé vlny (DV)	Střední vlny (SV)	Krátké vlny (KV)	Velmi krátké vlny (VKV)	Ultra krátké vlny (UKV)	Mikrovlny	Mikrovlny mm
3 mHz ÷ 3kHz	3 ÷ 30 kHz	30 ÷ 300 kHz	0,3 ÷ 3 MHz	3 ÷ 30 MHz	30 ÷ 300 MHz	0,3 ÷ 3 GHz	3 ÷ 30 GHz	30 ÷ 300 GHz
1000 ÷ 100 km	100 ÷ 10 km	10 ÷ 1 km	1 ÷ 0,1 km	100 ÷ 10 m	10 ÷ 1 m	100 ÷ 10 cm	10 ÷ 1 cm	10 ÷ 1 mm

## 2.2 Krátké vlny

Pásmo krátkých vln zahrnuje frekvence od 3 do 30 MHz, což odpovídá vlnovým délkám 10 až 100 metrů. Šíří se pomocí prostorové nebo přízemní vlny. Přízemní vlna v tomto pásmu nabývá značného útlumu, využívá se do vzdálenosti desítek kilometrů. Při šíření prostorovou vlnou není nutná přímá viditelnost - využívá se odrazů od ionosféry. Slabinou jsou nestabilní podmínky šíření, které jsou závislé na několika faktorech, jako jsou denní a roční doby a počasí. Tyto nestálé vlastnosti ionosféry způsobují značné kolísání signálů. Moderní metody toto řeší takzvaným diverzitním příjmem. [6]

Využívají se hlavně pro radiové a rozhlasové přenosy.

## 2.3 Velmi krátké vlny

Tato pásma zahrnují kmitočty od 30 do 300 MHz z pohledu principů šíření elektromagnetických vln. Výhoda daných kmitočtů je v možnosti využití širokého komunikačního kanálu, z čeho plyne velká přenosová kapacita.

Tyto kmitočty se šíří v oblasti s přímou viditelností, případně využívají odrazů. Projevuje se zde vliv interferencí, zakřivení zemského povrchu, jeho drsnost, vliv překážek apod.

Velmi krátké vlny se šíří vlnou přímou do vzdálenosti rádiové dohlednosti. Částečně se ohýbají kolem zemského povrchu a dosahují tedy až za optický horizont. Výjimku tvoří úsek na dolním konci pásma, kde při mimořádných podmínkách šíření dochází k odrazu od ionosféry.

K nejvýraznějším službám užívajících tohoto pásma patří rozhlasové vysílání s frekvenční modulací. [6]

## 2.4 Pásmo ultrakrátkých vln

Decimetrové vlny se šíří přímou vlnou do vzdálenosti rádiové dohlednosti. Dochází zde k mnoha odrazům od překážek, jejichž rozměry nemusí být vzhledem k délce vlny příliš velké. U tohoto pásma je důležitý výběr místa pro anténu - zvláště v městské zástavbě - voleno s ohledem na výskyt četných odrazů. Projevuje se zde i dálkové šíření rozptylem od hmotných částic v troposféře.

Tyto vlny jsou vhodné pro přenos dat požárních hlásičů díky šíření na přímou viditelnost a odrazům. [6]

## 2.5 Digitální modulace

Modulace je proces, kdy je vysokofrekvenční nosná vlna ovlivňována pomocí nízkofrekvenčního informačního signálu. Při digitálních modulacích nabývá modulovaný signál omezeného počtu diskrétních stavů.

Libovolný harmonický signál můžeme definovat třemi parametry:

- Amplituda signálu
- Úhlová frekvence
- Fázový posun

Mezi základní modulace patří:

- Amplitudové klíčování (ASK)
- Frekvenční klíčování (FSK)
- Fázové klíčování (PSK)

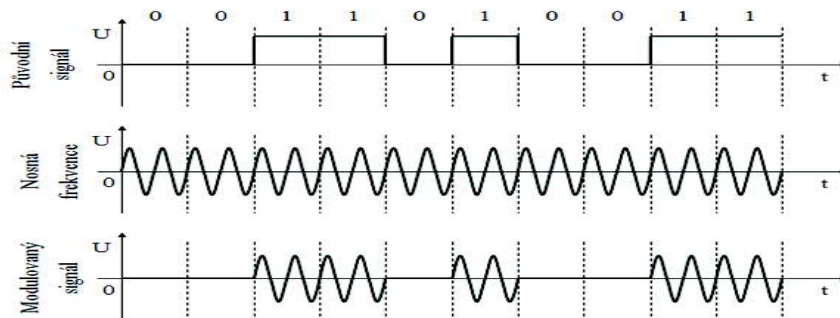
Digitální modulace se využívají pro zvýšení přenosové kapacity, lepší zabezpečení a lepší přizpůsobení přenosovému systému. Systémy využívající digitální modulaci dokáží přenést mnohonásobně víc informací v dané šířce pásma, než modulace analogové. [7]

### 2.5.1 Amplitudové klíčování (ASK)

Amplitudová modulace používá konečný počet amplitud. Ke každé amplitudě je přidělena binární hodnota neboli vzorek. Každý vzorek reprezentuje symbol, který nabývá konkrétní amplitudy nosného signálu. Obvykle jedna hodnota amplitudy je rovna nule a reprezentuje logickou hodnotu "0". Na obrázku (2.2) je možno vidět, že když je původní signál roven logické "0", tak modulovaný signál má amplitudu rovnu nule. Je-li původní signál roven logické "1", potom nabývá modulovaný signál amplitudy nosné frekvence. [7]

Kódování je citlivé na atmosférický šum a zkreslení, čímž je náchylné k chybám. Kvůli náchylnosti k rušení se tato modulace příliš nevyužívá. Častěji se používá v kombinaci s fázovým klíčováním, kde jsou data modulována pomocí ASK a PSK - tato modulace se nazývá QAM. [7]

Obrázek 2.2: ASK modulace [7]



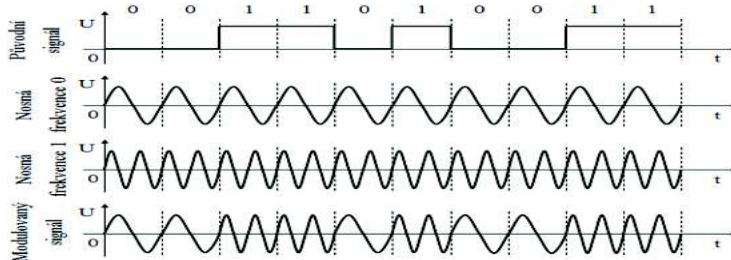
### 2.5.2 Frekvenční klíčování (FSK)

Klíčování frekvenčním posuvem (Frequency Shift Keying) znamená, že binární hodnoty digitálního signálu jsou reprezentovány diskrétními změnami frekvence nosné vlny. [7]

BFSK neboli binární FSK je nejjednodušší fázové klíčování. Používají se při něm dvě frekvence. Na obrázku (2.3) se pro přenos bitu 1 použije jedna frekvence 1, a pro přenesení bitu

0 druhá frekvence 0. Nosné vlny frekvence 1 a 2 jsou zobrazeny na obrázku (2.3). Změna kmitočtu může nastat spojitě nebo nespojitě.

Obrázek 2.3: FSK modulace [7]



MSK (Minimum Shift Keying) je modulace se spojitým přechodem. Tato modulace je úspornější na frekvenční spektrum.

Podmínkou spojitosti u MSK modulace je, že kmitočtový zdvih  $\Delta f$  se musí rovnat  $fb$  (2.1) a signalizační kmitočty  $f_1$  a  $f_2$  musí být jeho násobky (2.1 a 2.2). [1]

- $\Delta f = \frac{fb}{4}$  (2.1)

- $f_1 = f_c - \Delta f$  (2.2)

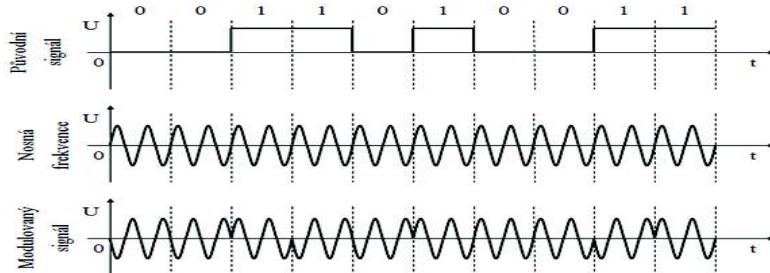
- $f_2 = f_c + \Delta f$  (2.3) [1]

Nejjednodušší z modulací MSK je modulace FFSK (Fast Frequency Shift Keying). Bitu 1 je přímo přidělen jeden ze signalizačních kmitočtů například  $f_2$  a bitu 0 signalizační kmitočet nižší -  $f_1$ . Tato modulace vyžívá modul SRE4x, který se využívá jako retranslační stanice s FFSK rychlostí udávanou v baudech na radiovému kanálu. Volí se buď 1200 Bd, nebo 2400 Bd. [2]

### 2.5.3 Fázové klíčování (PSK)

PSK (Phase-shift keying) je modulace, která pro přenos informací užívá změny fáze referenčního signálu (nosného signálu). Jedna z binárních hodnot je přenášena jako signál s totožnou fází; na obrázku (2.4) je to binární hodnota 1. Druhá binární hodnota je přenášena s fázovým posunem  $180^\circ$  oproti předcházejícímu signálu (bitu); na obrázku (2.4) je to binární hodnota 0. Výsledný modulovaný signál můžeme vidět na obrázku (2.4). [7]

Obrázek 2.4: PSK modulace [7]

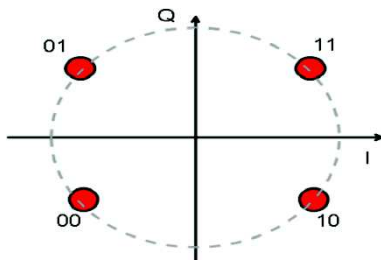




### 2.5.4 Kvadrurní klíčování fázovým posuvem (QPSK)

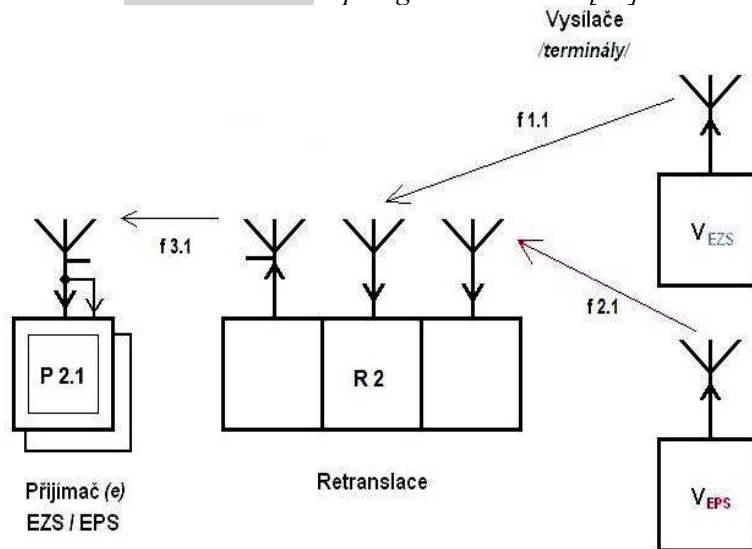
QPSK neboli Quadrature PSK je jednou z nejrozšířenějších digitálních modulací. Jeho předností je optimální kompromis mezi dobrou spektrální a výkonovou účinností. Mění se fáze nosného signálu po  $45^\circ$ , amplituda zůstává stejná. Nabývá 4 možných stavů, které reprezentují dva bity, přičemž je uplatněno Grayovo kódování. To znamená, že sousední dva bity se liší pouze v jednom bitu, a proto při chybně vyhodnoceném stavu dojde k chybě v jediném datovém bitu. [7]

Obrázek 2.5: Konstační diagram QPSK modulace s Grayovým mapováním [7]



### 2.6 Základní topologie sítě

Obrázek 2.6: Topologie sítě Ostrava [14]



Z obrázku (2.6) můžeme vidět, že síť je jednosměrná a využívá tyto elektronické moduly - přijímací a vysílací, retranslační stanice a k nim připojené antény. Přijímací stanice je na obrázku znázorněna zkratkou P 2.1. R2 označuje retranslační stanici a V EZS a V EPS jsou koncová zařízení.

### 2.6.1 Rádiový přijímač

Přijímače se využívají pro zpracování přijatého signálu, který přichází z antény. Tento signál je následně demodulován do základního pásma, abychom docílili jeho dekodování.

Přijímače můžeme dělit do jakostních tříd podle jejich parametrů. Nejdůležitější parametry, podle kterých se hodnotí vlastnosti přijímačů: [10]

- citlivost
- selektivita
- zkreslení
- kmitočtové rozsahy
- druhy modulace
- jakost reprodukce
- stabilita

#### 2.6.1.1 Citlivost přijímače

Jeden z nejdůležitějších parametrů přijímače je citlivost. Uvádí jak slabé signály je přijímač schopen přijímat. Maximální citlivost přijímače udává nejmenší možnou úroveň vf vstupního výkonu signálu se standardní modulací přivedeného z antény na vf vstup přijímače tak, aby na nf výstupu přijímače vytvořil standardní nf výstupní výkon, pokud jsou všechny ovládací prvky přijímače nastaveny na maximální zesílení. Čím nižší úroveň vstupního signálu je přijímač schopen použít, tím je výkonnější. [10]

#### 2.6.1.2 Selektivita přijímače

Selektivita je schopnost přijímače oddělit z množiny signálů nacházejících se na jeho vstupu jen požadované signály od nežádoucích a ty potlačit.

#### 2.6.1.3 Zkreslení

Ke zkreslení dochází při změně přenosových vlastností přijímače s kmitočtem nebo s okamžitou hodnotou přenášené veličiny. Zkreslení dělíme na lineární a nelineární.

#### 2.6.1.4 Kmitočtové rozsahy

Tyto rozsahy uvádí, ve kterých kmitočtových oblastech lze přijímač použít.

#### 2.6.1.5 Druhy modulací

Rádiový přijímač může pracovat jen s takovými signály a modulacemi, pro které je přizpůsoben.

#### 2.6.1.6 Jakost reprodukce

Jakost reprodukce závisí na jednotlivých přenosových vlastnostech celého přijímače včetně výstupního měniče.

#### 2.6.1.7 Stabilita

Stabilita je schopnost přijímače držet kmitočet.

Použité reálné přijímače v ostravské síti se využívají od firmy RADOM. Tyto přijímače jsou umístěny na budově IBC Ostrava a užívají se pro příjem zpráv z retranslační stanice. Přijímač přijímá vždy jen na jedné frekvenci, ale může obsluhovat více retranslačních stanic na stejné frekvenci. [3]

### 2.6.2 Rádiový vysílač

Rádiový vysílač je objektový vysílač, který slouží k přenášení informací z objektu na retranslační stanice. Informace pro přenos může získávat prostřednictvím binárních vstupů nebo přes volitelné sériové rozhraní. [4]

Koncový stupeň vysílače pracuje v pásmu 400MHz. Vysílač může monitorovat anténní vedení a při jakémkoliv narušení tohoto vedení nebo antény vyvolat prostřednictvím ústředny poplach. [4]

## 2.7 Antény

Anténa je zařízení k příjmu nebo k vysílání rádiových signálů. Je to část vysokofrekvenčního vedení, která je připojena na rádiový přijímač nebo vysílač a upravená tak, aby vyzařovala energii do prostoru. Je to jeden z nejdůležitějších článků radiokomunikačního řetězce. [11]

Antény můžeme dělit na přijímací a vysílací:

- Vysílací anténa se využívá k přeměně elektrické energie na energii elektromagnetických vln.
- Přijímací anténa slouží k přeměně energie elektromagnetických vln na elektrickou energii.
- Přijímací a vysílací zároveň - tyto antény využívají oba výše uvedené body.

Antény se většinou skládají z pouhých čtyř základních prvků: dipólu, monopólu, smyčky a patche. Složitější antény pak používají více prvků stejného typu, nebo různé základní prvky navzájem kombinují a přidávají k nim další struktury pro tvarování vyzářeného pole.

Dále můžeme antény rozdělit podle vyzařovací charakteristiky:

- Směrové
- Všesměrové

Pojem směrová charakteristika se využívá v souvislosti s přijímací anténou a vyzařovací charakteristika s anténou vysílací. Charakteristika popisuje směrové vlastnosti antény.

### 2.7.1 Izotropický zářič

Všesměrová anténa je teoretický pojem ukazující na vyzařované elektro-magnetického pole, které není závislé na směru a má ve všech směrech stejnou intenzitu. Lze ho srovnávat s bodovým zdrojem všesměrového záření. Takový zářič není prakticky realizovatelný vzhledem k fyzickým konstrukčním vlastnostem antény. Vyzařovací charakteristikou tohoto zářiče je kulová plocha. [11]

### 2.7.2 Směrový zářič

Tento zářič má definovanou závislost vyzařovací charakteristiky na směru, do kterého vysílá. Specifickým případem je omnidirectional anténa, která má směrové vlastnosti pouze v jedné souřadnicové rovině (horizontální nebo vertikální), v druhé je všesměrová (kruhová vyzařovací charakteristika). [11]

### 2.7.3 Dipólová anténa

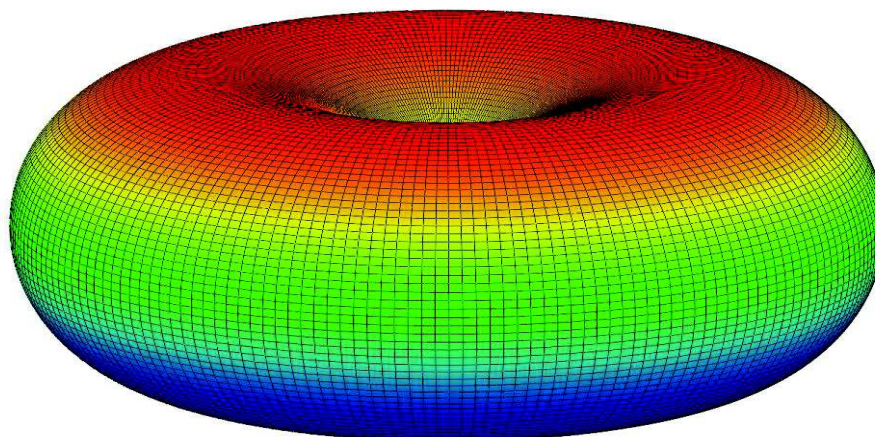
Dipólová anténa je jedna ze základních typů antény pro příjem a vysílání rádiových vln. Vynálezce dipólové antény je německý fyzik Heinrich Hertz (1886). Dipólová anténa je složena obvykle ze dvou symetrických ramen a symetrického vedení pro přenos energie. Výhodou dipólové antény je její jednoduchost a nízká pořizovací cena. Je to jedna z nejjednodušších antén. Vlastnosti jsou odvozeny od poměru délky dipólu a vlnové délky. Nejvyžívanější dipól je půlvlnný dipól - tento dipól má délku rovnu polovině vlnové délky. Na obrázku (2.7) můžeme vidět skládaný dipól a na obrázku (2.8) vyzařovací charakteristiku dipólu. [11]

Obrázek 2.7: *Skládaný dipól [20]*



Obrázek 2.9: Vyzařovací charakteristika vertikálního půlvlnného dipólu ve volném prostoru [11]

Radiation Pattern of the Dipole Antenna.



#### 2.7.4 Yagiho anténa

Yagiho anténa je jedna z nejrozšířenějších směrových antén, skládající se z dipólového zářiče, reflektoru a soustavy direktorů. Navržena byla v roce 1926 japonskými vědci H. Yagi a S. Uda. Díky své jednoduché konstrukci a snadné reprodukovatelnosti a dobrým elektrickým vlastnostem jsou Yagi antény nejpoužívanější v pásmech velmi krátkých vln. [11]

Stavební prvky antény jsou:

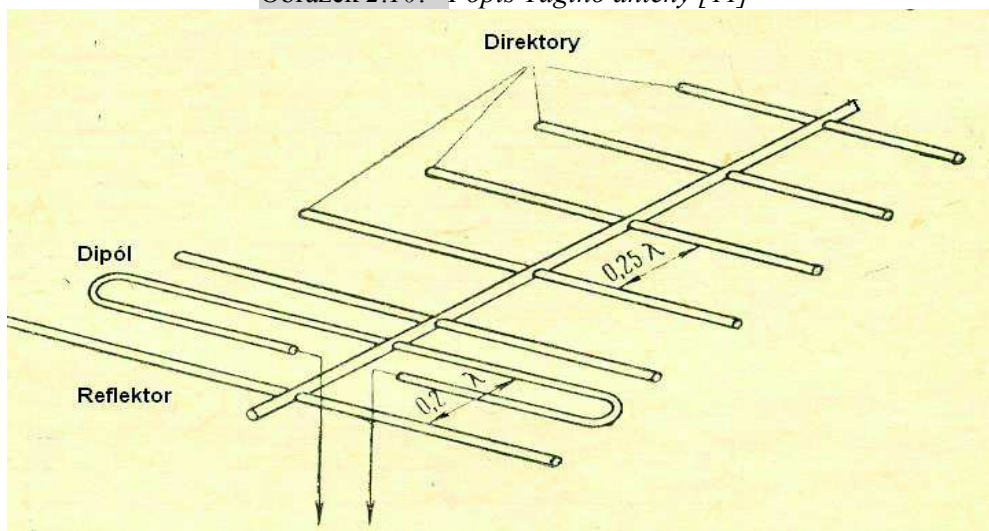
- Zářič antény Yagi, který je většinou tvořen skládaným půlvlnným dipólem, zřídka celovlnným dipólem, na kterém se indukují napětí. Impedanci na svorkách antény vzniká  $300\ \Omega$ , ta je symetrizačním členem transformována na  $75\ \Omega$ . [8]
- Reflektor, který má dvě důležité funkce:  
Zvyšuje zisk antény tím, že odráží část energie, která by jinak nebyla zachycena zářičem.  
Druhý úkol je odstiňovat zářič od energie dopadající ze zadního směru, který udává činitel zpětného příjmu.  
Délka jednoprvkového reflektoru a jeho vzdálenost od zářiče musí být přizpůsobena, aby byl proud procházející reflektorem vzhledem k zářiči v protifázi. Díky tomu dochází k potřebnému odrazu. [8]
- Direktory - Antény Yagi patří do skupiny s povrchovou vlnou. Direktory umožňují vznik vlny vedené podél antény, čímž se zvětšuje prostorová oblast, ze které energie může přejít do napáječe a tím se vylepšuje i efektivní plocha antény a také její zisk.  
Direktor jako takový je vlastně dipól se zkratovanými svorkami. Vlna přijatá direktorem se odráží za pomoci zkratu, která je zpět vyzářena s fázovým zpožděním daným délkou direktoru. Vzájemné rozteče direktorů musí být v souladu s fázovými posuvy. Poté vzniká vedená vlna, která energii za pomoci reflektoru předá

prostřednictvím zářiče do napáječe. Směrové vlastnosti antény závisí především na nastavení direktoru. [8]

Volba rozměrů, počet a vzájemné rozteče direktoru mohou ovlivňovat vlastnosti antény. Direktory se směrem od zářiče postupně zkracují a jejich rozteče se naopak zvětšují, což způsobuje potlačení postranních laloků příjmu a zvětšuje se šířka pásma. Jedním z direktorů je kompenzační direktor, který je umístěn nejbližší zářiče. Tento direktor má největší vliv na impedanci, lze s ním kompenzovat vliv ostatních prvků na impedanci. [8]

Na obrázku (2.10) můžeme vidět základní stavební prvky antény.

Obrázek 2.10: Popis Yagiho antény [11]



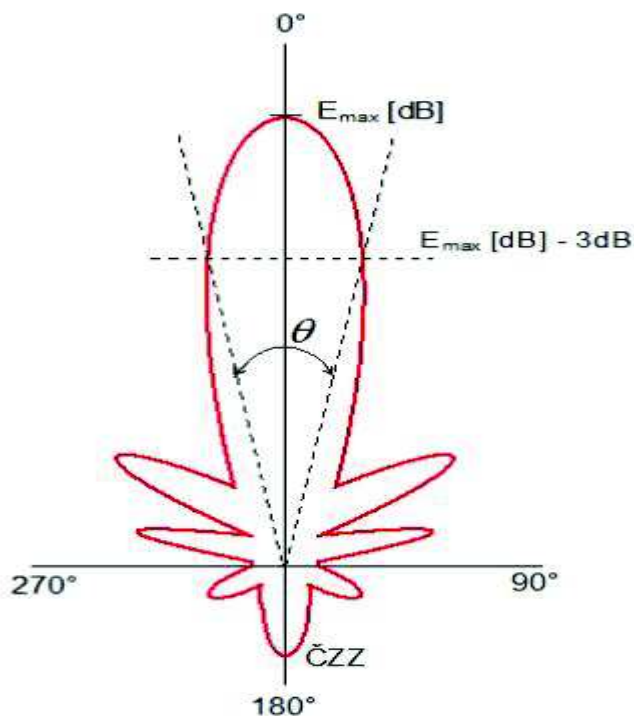
Zisk závisí na počtu direktorů:

- 3 prvková Yagi 4 dBd
- 6 prvková Yagi 9 dBd
- 9 prvková Yagi 12 dBd
- 15 prvková Yagi 15 dBd
- 28 prvková Yagi 19 dBd

### 2.7.4.1 Vyzařovací diagram antény

Vyzařovací diagram antény ukazuje směrové vlastnosti antény. Diagram je trojrozměrný, ale většinou se zobrazuje jako dvourozměrný - jako řez prostorovým vyzařovacím diagramem v určité rovině, která bývá nejčastěji horizontální nebo vertikální. Diagram záření je rozdělen do několika laloků a to na hlavní lalok, boční lalok a zadní lalok. Z tohoto diagramu se určuje úhel záření antény  $\theta$ . Označuje úhel odpovídající poklesu 3 dB mezi dvěma hodnotami v hlavním laloku. Vyzařovací charakteristika v dvojrozměrném formátu je zobrazena na obrázku (2.11). [11]

Obrázek 2.11: Vyzařovací diagram antény [11]



## 2.8 Bezdrátové dálkové ovládání

Dálková ovládání jsou jednou z nejrozšířenějších konstrukcí v průmyslu, nebo v domácnostech, které vede k zvýšení pohodlí při obsluze zařízení. Podle způsobu a místa použití se využívají dvě skupiny, lišících se způsobem přenosu informace. A to pomocí:

- infračerveného signálu
- rádiového signálu

Pro ovládání na vzdálenost několik málo metrů se nejčastěji používá infračerveného signálu. Ovládání na větší vzdálenosti se zajišťují rádiová dálková ovládání, která jsou určena pro dosah řádově stovek až tisíců metrů.

### 2.8.1 Infračervené dálkové ovládání

Tento způsob dálkového ovládání využívá k přenosu informace infračerveného záření. Výstupním prvkem vysílačů je polovodičová dioda, která vyzařuje infračervené světlo, které je dále modulováno digitálním signálem se standardním kódováním RC 5. Infračervené světlo zachycuje snímač v přijímači, který převede světlo na elektrický signál, většinou se využívá fototranzistorů, ten se dále zpracovává a vyhodnocuje. Je-li identifikováno jako platný stav, vykoná se odpovídající funkce. [19]

Šíření infračerveného světla je obdobné jako šíření viditelného světla. Signál využívá odrazy od stěn a lesklých povrchů, v cestě signálu se nesmí nacházet neprůhledná překážka.

## 2.8.2 Ovládání rádiovým signálem

Využívají se vysokofrekvenční radiové vlny pro komunikaci mezi přijímačem a vysílačem, není zde zapotřebí přímá optická viditelnost. Pro zajištění, aby konkrétní přijímač reagoval pouze na požadovaný vysílač, je každému vysílači přidělen unikátní kód, který je během vysílání namodulován na nosnou frekvenci signálu.[19]

Lze využít bezlicenční pásma, takže není třeba platit pronájem kmitočtu

## 2.9 Elektrická požární a zabezpečovací signalizace (EPS),(EVS)

### 2.9.1 Elektronické požární signalizace (EPS)

Systémy EPS slouží k ochraně objektů a budov proti požárům, jsou důležitou součástí protipožárního systému. Elektrická požární signalizace se využívá k včasné a rychlé identifikaci a lokalizaci požáru. Signalizace nám také umožňuje zabránit vzniku velkých škod jak materiálových, tak ztrát na lidských životech.

ESP tvoří složku integrovaných bezpečnostních a havarijních systémů ochrany a informuje o vzniku požáru v daném objektu akustickou a optickou signalizací, nebo pomocí vysílače nebo jiného zařízení dálkového přenosu na stanoviště pultu centrální ochrany (PCO), který se nachází v blízkosti hasičského záchranného sboru (HZS). [12]

Prvky požárního systému:

- detektory požáru
- vyhodnocovací ústředna
- koncové zařízení pro předání informace o vzniku požáru

Požární hlásiče mohou vyhodnocovat situaci na různých fyzikálních principech, jako jsou optické, ionizační, nebo teplotní parametry prostředí, ve kterém jsou nainstalovány. Tyto hlásiče jsou tvořeny většinou složitou elektronikou řízenou procesorem. Téměř každý inteligentní detektor umožňuje eliminovat falešné poplachy. ESP lze nainstalovat i samostatně, nebo jako složku integrovaných systémů řízení budov. V současné době jsou užívané technologie takzvané analogové elektrické požární systémy, kde vyhodnocování probíhá přímo v detektorech. [12]

Ústředna elektronického požárního systému slouží k připojení požárních hlásičů systému. Přijímá od nich zprávy o vzniku požáru a podle vyhodnocení dává uživateli informace o mimořádných situacích. [12]

Koncové zařízení má za úkol upozornit na požární poplach, a to různými způsoby. Využívá se akustická (siréna) nebo optická (světelná signalizace v objektu) signalizace nebo zaslání informace na stanoviště pultu centrální ochrany. [12]

Typy hlásičů:

- Opticko-kouřový detektor



- Ionizační kouřové detektory
- Teplotní hlásič diferenciální
- Kombinované opticko-kouřové a teplotní hlásiče
- Kombinovaný hlásič opticko-kouřový s detekcí

Obrázek 2.13: Ukázka různých typů hlásičů [12]



Opticko-kouřový detektor slouží k včasnému odhalení vznikajícího požáru. Hlásič je určen k detekování požárů v počátečním stadiu. V měřicí komoře je infračervený paprsek, pronikne-li do této komory částice prachu, dojde k odrazu vysílaného paprsku a odkloní záření na přijímací fotodiodě umístěnou mimo optickou osu vysílající LED. Poté hlásič podává informace o klidovém stavu, nebo o požáru.

Neovlivňuje ho prach ani vlhkost, nebo vysoká rychlost proudícího vzduchu.

Ionizační kouřové detektory - výrobci udávají, že ionizační složka je extrémně malá, a proto lidskému zdraví tedy neškodná. Detektor má dvě komory, které mezi sebou porovnává. Jedna komora nazývaná referenční, se stopovým obsahem prvku vyzařující záření, a druhé, měřicí komory, do které přichází kouř. Tyto komory jsou porovnávány, a jestliže nastane vyrovnaní, nebo zvýšení záření obsažené v kouři v měřicí komoře, detektor začne signalizovat poplach. [12]

Teplotní hlásič dokáže poznat, jak oheň s kouřem nebo bez kouře. Reaguje jak na nárůst teploty, tak i na překročení teplotního maxima v okolí a výsledné hodnoty vyhodnocuje podle speciálního algoritmu a ověřuje správnost výsledku testu. Neovlivňuje ho prach ani vlhkost, nebo vysoká rychlost proudícího vzduchu. [12]

### 2.9.2 Elektronický zabezpečovací systém (EVS)

Zabezpečovací systémy slouží k ochraně majetku před odcizením, nebo poškozením, zničením nebo narušení vniknutím. Proto jsou zabezpečovací systémy běžným standardem infrastruktury jak v podnikových tak ve státních objektech. Díky nízké ceně jsou EZP výhodnou investicí s rychlou návratností. Je možné vytvořit komplexní řešení pro rozsáhlé objekty s několika budovami, ale i pro menší objekty, nebo domácnosti. [13]

Pro detekci narušitelů se používají různé typy detektorů, jako jsou:

- kamerové systémy
- detektory pohybu
- elektronické zámky
- mechanické spínače

Obrázek 2.14: Ukázka elektronických zabezpečovacích systémů [21]



Každý druh detektoru má v systému své specifické využití. Podle volby místa, nebo bezpečnostní potřeby se volí správný druh detektoru.

Kamerové systémy se využívají pro detekci pohybu, která nejlépe funguje ve vnitřních podmínkách, kde nenastává žádné rušení vlivem počasí.

Detektor pohybu MW (micro wave) je aktivní detektor, který vysílá mikrovlnný signál a poté ho přijímá. Tím si zmapuje prostor v klidovém stavu - pomocí Dopplerova jevu pak vyhodnocuje vlny odražené od objektů a tak může vyhodnotit poplach.

Detektor pohybu IR (infračervené) je pasivní a s využitím infračerveného záření snímá pozadí, při změně pozadí způsobí vyhlášení poplachu.

Magnetický kontakt se používá na průchozí prostory, systém využívá relé kontakt s magnetem, při jeho rozpojení signalizuje poplach.

Otřesové detektory využívají reakce na mechanické otřesy, hlídání zdí, trezorů, které je potřeba překonat ničivým způsobem.

Detektory tříštění skla využívají princip akustického podnětu. Reagují na akustiku rozbití skla.

### 3 Analýza sítě a návrhy na vylepšení

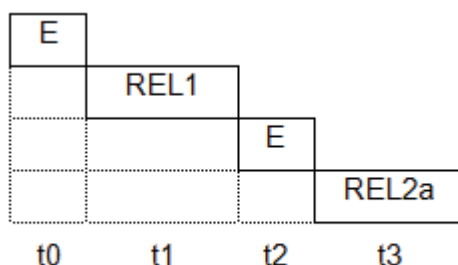
Celá síť se skládá z:

- Přijímače
- Vysílačů
- Retranslačních stanic

#### 3.1 Přijímač

Přijímač je pouze jeden, který je umístěn na budově integrovaného bezpečnostního systému v Otravě. Všechny 2 použité REL vysílají na stejném kmitočtu, a proto je třeba zajistit pomocí GPS časové sdílení radiového kanálu. Časový diagram vysílání by mohl vypadat následujícím způsobem.

Obrázek 3.1: Časové sdílení komunikačního kanálu [14]



Z obrázku jsou patrné časové okamžiky pro vysílání jednotlivých retranslačních stanic ( $t_1$ ,  $t_3$ ). Před každým z těchto okamžiků je ponechána doba délky  $N$  pro prioritní volání. V této době může na radiový kanál vstoupit libovolná z REL a vyslat signál o poplachu na konkrétním objektu, případně jiné prioritní hlášení. Pokud by v tomto čase došlo ke kolizi vysílání (dvě prioritní hlášení v jeden okamžik), bude se poplachová informace přenášet v době určené časovým oknem pro vysílání příslušné REL časovým oknem. Skutečné reálné délky časových oken souvisí s délkou retranslovaných balíků, celkovým počtem objektů připojených do systému a frekvencí přenášených dat, která je různá pro různé typy sítí. [14]

#### 3.2 Retranslační stanice

V pásmu 450 MHz můžeme sdružovat retranslované sítě na jeden retranslační kmitočet. Ale při projekci musíme počítat s celkovým obsazením radiového kanálu. Při průměrné délce telegramu 20 Bajtů nesmíme překročit hustotu provozu 8,57 tlg/s, což je hodnota udávaná výrobcem. Z tohoto parametru výrobce odvozuje počty vysílačů retranslovaných na jednom kmitočtu: [2]

frekvence vysílání jednoho objektu 16 tlg/3 min  $\Rightarrow$  97 objektů [2]

frekvence vysílání jednoho objektu 16 tlg/5 min  $\Rightarrow$  161 objektů [2]

frekvence vysílání jednoho objektu 16 tlg/17 min  $\Rightarrow$  535 objekt [2]

$$0,088.X+0,053.Y+0,016.Z \leq 8,57 \quad (3.1)$$

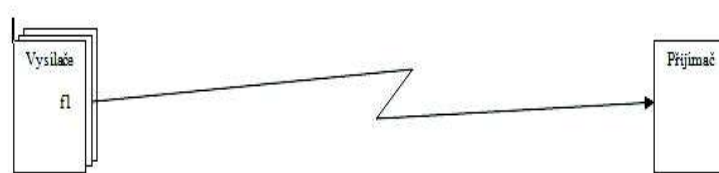
X...počet objektů vysílajících s frekvencí 16 tlg/3min [2]

Y...počet objektů vysílajících s frekvencí 16 tlg/5min [2]

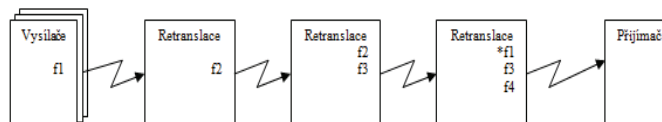
Z...počet objektů vysílajících s frekvencí 16 tlg/17min [2]

Pokud budeme sdružovat síť s různými frekvencemi vysílání od jednotlivých objektů, musíme dodržet minimálně následující vztah, který nám určuje maximální počet vysílačů vysílajících v náhodných intervalech na jednom rádiovém kanále (viz rovnice (2.4)) připojených na převaděč. [2]

Obrázek 3.2: *Bez retranslace*[2]



Obrázek 3.3: *Tří sériové retranslace* [2]

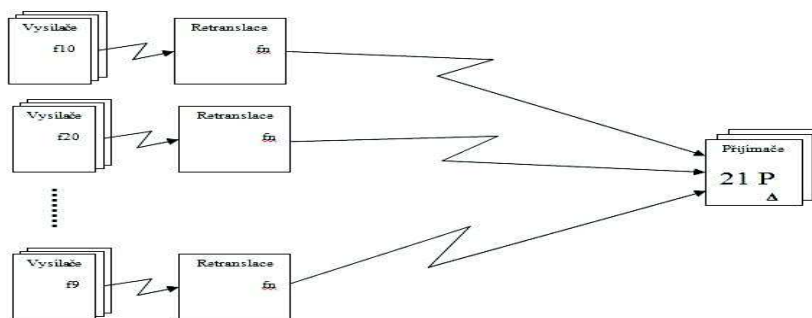


Skupiny vysílačů lze nakonfigurovat až pro 9 čísel sítě. Frekvenci označenou jako \*f1 můžeme využít jen tehdy, pokud je vzdálenost retranslací R1 a R3 větší, než trojnásobek dosahu retranslace R3, což můžeme vidět na obrázku (3.3). [2]

Při návrhu paralelní retranslace je třeba vždy brát ohled na propustnost rádiového kanálu a přizpůsobit využití kombinace a počty vysílačů, retranslací a přijímačů tomuto kanálu.

V síti s topologií podle obrázku (3.4) lze použít až 9 skupin vysílačů vysílajících na odlišných frekvencích (označených f1 až f9), ale každá frekvence má v síti pouze jednu retranslaci. Všechny retranslace potom vysílají na společné frekvenci  $f_n$ , která musí být odlišná od frekvencí f1 až f9. Návrh paralelní retranslace můžeme vidět na obrázku (3.4). [2]

Obrázek 3.4: *Paralelní retranslace[2]*



Retranslační body jsou dva a to RBP Slezská Ostrava a výšková budova na ulici Ostrčilova. Problém je, že mnohé vysílače mají navoleny oba kanály a v průběhu let, kdy byly prováděny různé úpravy dle potřeb z důvodů, jako jsou rušení, přeprogramování koncových zařízení na jiný bod apod. není přesně stanoveno kolik vysílačů je na daný převaděč.

Udává se počet:

- RBP 91
- Ostrčilova 62

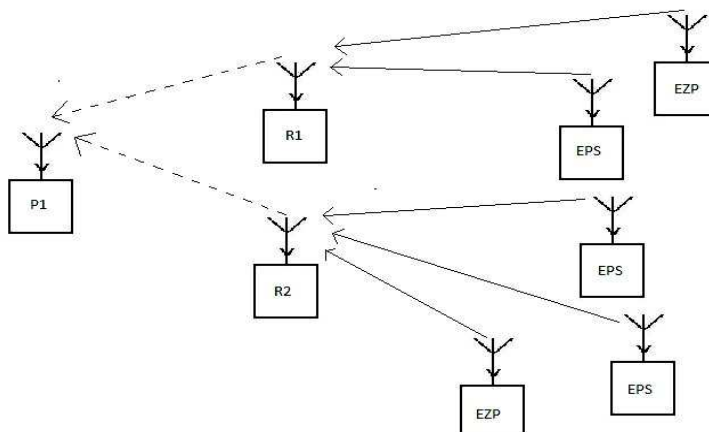
Retranslační stanice jsou navzájem paralelní sítě, které organizovaně vysílají na koncový přijímač tak, aby nedošlo ke ztrátě dat. Vstupní kmitočty těchto stanic není veřejná informace, ale po dohodě byly poskytnuty.

Kmitočty jsou:

- 428,7250 MHz
- 428,5250 MHz

Koncová zařízení jsou umístěna ve hlídaných objektech a vysílají na retranslační stanice, pomocí náhodného přístupu bez žádné synchronizace. Zjednodušeně se každá první přijatá zpráva na PCO považuje za legální a od té doby software PCO umí poznat, že další zprávy jsou opravdu od stejného vysílače.

Obrázek 3.5: Zjednodušené schéma celé sítě



Na obrázku (3.5) je zobrazeno schéma celé sítě, kde P1 znázorňuje přijímač na budově IBC Ostrava, R1 a R2 převaděče RBP a Ostrčilova na které jsou připojeny koncové zařízení EZP a EPS v počtech 62 a 91 stanic. Jednotlivé moduly jsou mezi sebou propojeny přes rádiový kanál. Přerušovaná šipka značí synchronní přenos řízený GPS a nepřerušovaná šipka přenos s náhodným přístupem.

### 3.3 Pozorování komunikačního kanálu pro případné rušení

#### 3.3.1 Parametry použitého DVB-T modulu

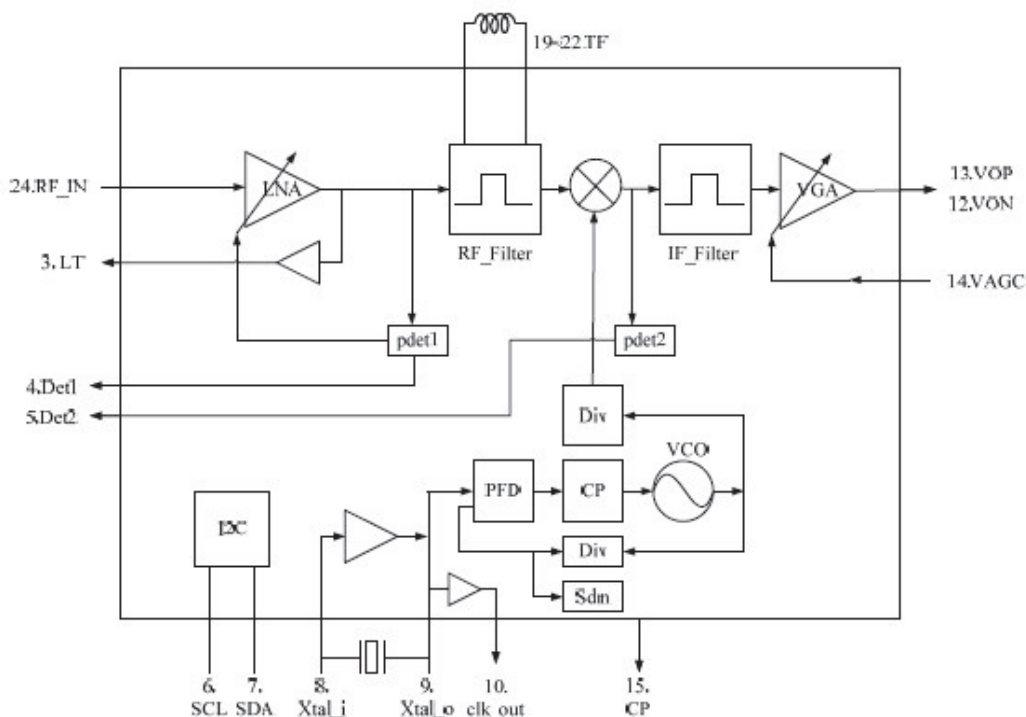
Pro praktickou realizaci byl použit modul DVB-T USB TUNER S SDR, DAB+ a FM, který lze zakoupit v prodejně GES-ELECTRONICS.

Tuner Rafael Micro R820T má hlavní účel využití pro standardy digitálního televizního vysílání včetně DVB-T, také pro vysílání ve Spojených Státech Amerických ATSC (Advanced Television Systems Committee), nebo televizní mobilní přístroje DMB-T (Digital Multimedia Broadcasting-Terrestrial).

Parametry:

- Čipová sada Realtek RTL2832U
- Tuner Rafaelo Micro R820T
- Kmitočtový rozsah 25 – 1750 MHz
- Ziskovost 50dB
- Zabudovaný FM/DAB/DAB+ tuner (plná podpora v pásmu L-band)
- USB 2.0 rozhraní
- Rozměry: 90mm\*26mm\*10mm
- Váha: 45g

Obrázek 3.6: Blokové schéma tuneru Rafael Micro R820T [18]



Pro sledování komunikačního kanálu bylo využito softwarově definované rádio. Existuje několik volně šiřitelných druhů programů, které umožňují připojení DVB-T modulu s čipem RTL2832U. Pro tento typ příjmu se využívá zkratka RTL-SDR (Realtek-Software Defined Radio). Softwarově definované rádio nabízí ovládání pomocí příkazové řádky, nebo grafickou nadstavbou. Programy jsou od sebe odlišné způsobem ovládání, podporou SDR přijímačů a jinými speciálními funkcemi a také způsobem distribuce pro Linux nebo Windows. Pro tento úkol byl zvolen program kompatibilní s Linuxem.

Konkrétní vybraná Linuxová distribuce Ubuntu, na které je níže popsán software testován:

Zvolený operační systém pro tuto problematiku je:

- Distribuce: Ubuntu
- Verze: 14.04

Instalovaný software a knihovny:

- Librtlsdr
- GNU radio GQRX
- Tamveiw
- Kazam

### 3.3.2 Instalace knihovny librtlsdr

Pro komunikaci mezi PC a RTL2832U většina programů potřebuje nainstalovat knihovnu librtlsdr. Tato knihovna obsahuje nástroje příkazové řádky, jako jsou rtl\_test, rtl\_sdr, rtl\_tcp, rtl\_power a rtl\_fm. Dále základní kód pro komunikaci. Pomocí těchto nástrojů lze otestovat připojení USB DBV-T modulu a jeho čipu RTL2832U. S touto knihovnou můžeme provádět základní funkce, jako jsou logování síly signálu a podobně.

Pro instalaci knihovny librtlsdr lze využít tyto příkazy:

- ~\$ git clone git://git.osmocom.org/rtl-sdr.git
- ~\$ cd rtl-sdr/
- ~\$ mkdir build
- ~\$ cd build
- ~\$ cmake ../
- ~\$ make
- ~\$ sudo make install
- ~\$ sudo ldconfig
- ~\$ cd rtl-sdr/
- ~\$ autoreconf -i
- ~\$ ./configure
- ~\$ make
- ~\$ sudo make install
- ~\$ sudo ldconfig

### 3.3.3 GQRX

GQRX je jeden z mnoha softwarů pro softwarově definované rádio, vychází z GNU Radio a Qt grafického nástroje. Je to software, který je zdarma a jeho zdrojový kód umožňuje modifikaci pro více použití. GQRX nabízí následující funkce:

- Zpracovává složky I/Q z podporovaných zařízení
- Změna frekvence
- Změna zesílení
- Variabilní pásmová propust
- Zobrazí zařízení připojená k počítači
- Demodulace AM, SSB, FM-N a FM-W
- FFT graf a wattmeter diagram

#### 3.3.3.1 Instalace GQRX

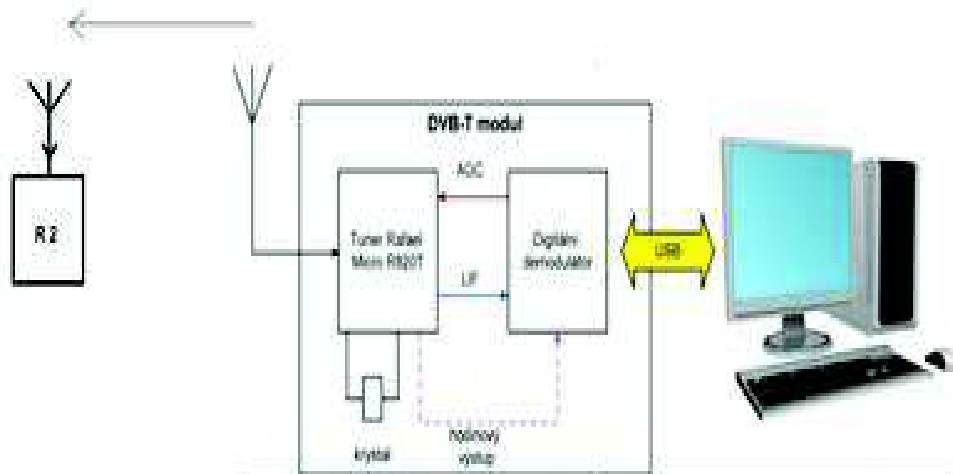
Instalace softwaru GQRX na Ubuntu 14.04 je velice jednoduchá, stačí jen nainstalovat balíček gqrX pomocí příkazu:

- ~\$ sudo apt-get install gqrX



Počítač s tímto softwarem byl připojen na školní anténu a vzdáleně ovládán pomocí softwaru teamviewer. Pro možný záznam FFT water fall diagramu bylo využito programu pro screencast Kazam.

Obrázek 3.6: *Komunikace mezi modulem DVB-T a PC*



Na obrázku (3.6) je znázorněna měřící metoda komunikačního kanálu retranslační stanice. Kdy byl jako USB tuner využit Rafael Micro R820T a pro sledování software GQRX.

Výsledkem této analýzy je FFT watter fall diagram na obrázku (3.6) v sekci rušení.

### 3.3.4 TeamViewer

Aplikace TeamViewer slouží pro vzdálenou správu systému. Pomocí této aplikace se lze připojit na vzdálený počítač jak v místní síti, tak i v internetu. Na vzdálené ovládání je nutná pouze spuštěná aplikace na obou PC. Navíc tento program je multiplatformní. [15]

Mezi hlavní schopnosti tohoto programu patří:

- přenos souborů pomocí integrovaného správce
- vzdálené ovládání počítače přes LAN/internet
- schopnost běžet bez nutnosti instalace.

### 3.3.5 Kazam

Software Kazam slouží pro záznam dění na obrazovce. S jeho pomocí lze zachytit dění na obrazovce počítače jako video soubor nebo jako obrázek. Video soubor dokáže nahrávat do formátu VP8/Mp4/WebM tento typ souboru podporuje většina přehrávačů ve kterých lze přehrát. Dále software podporuje nahrávání zvuku a to z jakéhokoli zvukového vstupního zařízení. [16]

- Plná podpora Python 3

- GUI je snadné a jednoduché
- Podpora pro GStreamer 1.0
- Klávesové zkratky
- Různé režimy snímání jako jsou celá obrazovka, všechny obrazovky, plocha a okno neboli výřez
- Automatické ukládání videa a obrázků.
- Možnost odpočítávání vypnutí
- Blikání ikony indikátoru

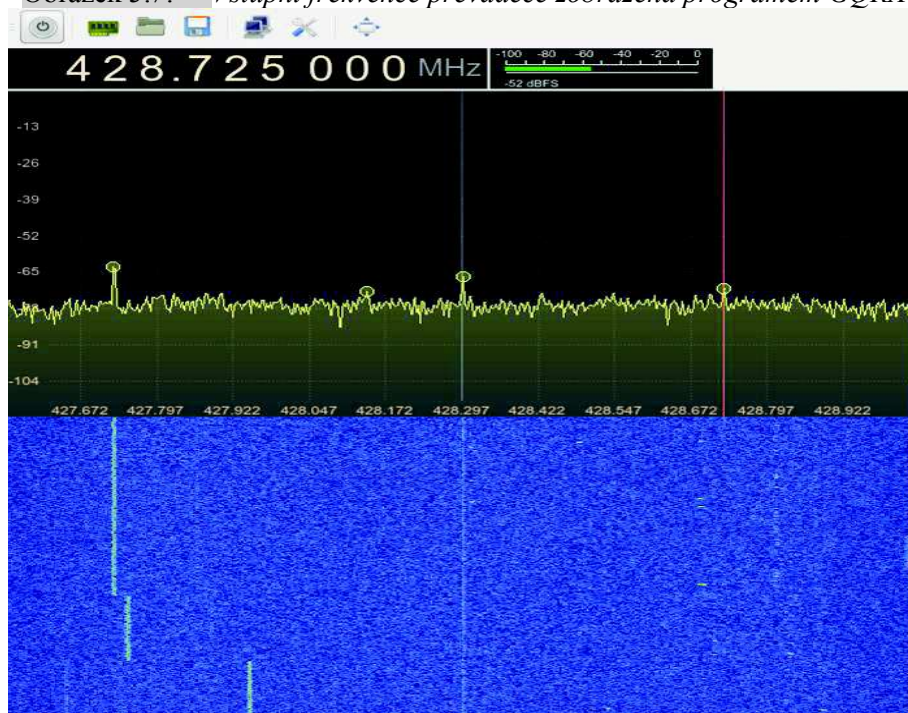
Instalace Kazamu je jednoduchá:

- `~$ sudo apt-get update`
- `~$ sudo apt-get install kazam`

### 3.4 Rušení

Pomocí výše uvedených programů a hardwaru byly sledovány oba dva vstupní kmitočty převaděčů. Každý minimálně po dobu 14 dní, ale na uvedených kmitočtech se žádné rušení nevyskytovalo. Na následujícím obrázku můžeme vidět komunikační kanál převaděče.

Obrázek 3.7: *Vstupní frekvence převaděče zobrazena programem GQRX*



Na obrázku (3.7) můžeme vidět, že FFT watter fall diagram nezaznamenal žádné rušení.

### 3.4.1 Teoretické příčiny rušení

Obrázek 3.8: Využívané blízké kmitočty [17]



Na obrázku (3.8) můžeme vidět rozdělení kmitočtů od 406 MHz po 448 MHz podle ČTU.

Pásmo 420-430 MHz využívá tyto konkrétní kmitočty:

Pevné spoje:

- 422,75-423 MHz. Základní kanálová rozteč 25 kHz a doplňková 12,5 kHz. Duplex 10 MHz. Změny parametrů nesmí omezit lokální veřejné mobilní širokopásmové digitální síť v úseku 423-424,25 MHz. [17]
- 423-423,5 MHz. Což jsou celostátní datové síť s koordinovaným využitím v pohyblivé službě, Základní kanálová rozteč je 25 kHz a doplňková 12,5 kHz. Duplex 10 MHz. Změny parametrů nesmí omezit lokální veřejné mobilní širokopásmové digitální síť v úseku 423-424,25 MHz. [17]
- 423,5-425 MHz. Pevné duplexní nízkokapacitní spoje bod-bod s koordinovaným využitím v pohyblivé službě, pro veřejnou telefonní síť. Kanálová rozteč je 50 kHz a duplex 10 MHz. [17]

Služba pohyblivá kromě letecké pohyblivé:

- 420,2-420,5 MHz. Veřejná celoplošná mobilní síť s širokopásmovou digitální technologií podle CEPT/ECC/DEC/(04)06, šířka rádiového kanálu je větší než 200 kHz, duplex 10 MHz. Základnové stanice mají max e.r.p. 200 W. [17]

- 420,5-422,75 MHz. Veřejná celoplošná mobilní síť s širokopásmovou digitální technologií podle CEPT/ECC/DEC/(04)06, šířka rádiového kanálu je větší než 200 kHz, duplex 10 MHz. Základnové stanice mají max e.r.p. 200 W. [17]
- 422,75-422,8 MHz. Veřejná celoplošná mobilní síť s širokopásmovou digitální technologií podle CEPT/ECC/DEC/(04)06, šířka rádiového kanálu je větší než 200 kHz, duplex 10 MHz. Základnové stanice mají max e.r.p. 200 W. [17]
- 422,8-423 MHz. Veřejná celoplošná mobilní síť s širokopásmovou digitální technologií v souladu s CEPT/ECC/DEC/(04)06, šířka rádiového kanálu je větší než 200 kHz. Základnové stanice mají max e.r.p. 200 W. [17]
- 423-423,5 MHz. Duplexní pohyblivé sítě v souladu s CEPT/ECC/DEC/(02)03, s kanálovou roztečí 25 kHz a max. e.r.p. 10 W pro základnové stanice. Lze zde zavádět lokální veřejné mobilní širokopásmové digitální sítě s šířkou kanálů větší než 200 kHz. Duplex 10 MHz. [17]
- 423,5-424,25 MHz. Duplexní pohyblivé sítě v souladu s CEPT/ECC/DEC/(02)03, s kanálovou roztečí 25 kHz a max. e.r.p. 10 W pro základnové stanice. Lze zde zavádět lokální veřejné mobilní širokopásmové digitální sítě s šířkou kanálů větší než 200 kHz. Duplex 10 MHz. [17]
- 424,25-425 MHz. Duplexní pohyblivé sítě v souladu s CEPT/ECC/DEC/(02)03, s kanálovou roztečí 25 kHz a max. e.r.p. 10 W, duplex 10 MHz pro základnové stanice. Provoz zde musí být koordinován s pevnou službou. [17]

#### Aplikace TETRA:

- 425-429,8 MHz. Duplexní pohyblivé sítě v souladu s CEPT/ECC/DEC/(02)03, s kanálovou roztečí 25 kHz a max. e.r.p. 10 W, duplex 10 MHz pro základnové stanice. Do 31. 12. 2020. Přesun do 406,1-410 MHz. [17]

#### Služba radiolokační

- 429,8-430 MHz. Radary se syntetickou aperturou pro mapování zemského povrchu a podzemních vod, které jsou i na palubách letadel. [17]

#### Aplikace necivilní využití

- 420-420,2 MHz. Jedná se ale o ochranný úsek, který nelze využívat. [17]

Všechny tyto blízké kmitočty, jak služba radiolokační, TETRA a pevné spoje služba Pohyblivá necivilní využití mohou mít vliv na rušení.

### 3.5 Propustnost sítě a návrhy na její vylepšení

#### 3.5.1 Stávající propustnost sítě

Podle uvedených údajů od výrobce v manuálu REL stanice jsou níže vypsány důležité informace. Ale časové rozložení telegramu je tajná informace, která není dostupná veřejnosti.

- Kadence telegramů 16 tlg/ 3 min. [14]
- Doporučený maximální počet objektů 70. [14]
- Časové vytížení kanálu 33,2 %. [14]

Tyto hodnoty jsou udávány výrobcem.

Dle uvedených informací lze snadno určit, pomocí trojčlenky časové vytížení obou stanic.

Pro 91 stanic v síti

- 43,16%

Pro 62 stanic v síti:

- 29,41%

#### 3.5.2 Simulace propustnosti aktuální sítě

K simulaci byl místo softwaru OMNET, kvůli jeho velké složitosti, použit vlastní program. K tvorbě byl využit počítač s operačním systémem Microsoft Windows 7 Home edition, jako vývojové prostředí Microsoft Visual studio 2012 s programovacím jazykem C#.

##### 3.5.2.1 Visual studio 2012

Visual Studio patří mezi nejpopulárnější vývojové prostředí pro programování. Jeho výhodou jsou přímo zabudované šablony pro jazyky C/C++, Visual, Basic, NET a C#. Dále jsou zde podporovány i ostatní programovací jazyky pro programování desktopových, nebo webových aplikací (Oxygene, F#, Python, Ruby, XML/XSLT, HTML/XHTML, JavaScript, CSS atd.).

Využita byla konkrétní edice professional, která je distribuovaná pouze komerčně.

Visual Studio Express obsahuje tyto nástroje:

- Editor kódu je nástroj pro psaní kódu, který podporuje zvýrazňování kódu i automatické našeptávání u podporovaných jazyků.
- Debugger je nástroj pro ladění kódu.
- Designer je rozhraní pro vizuální rozložení prvků v okně aplikace. Obsahuje předdefinované ovládací prvky, jako jsou tlačítka a podobné, které je umožňují umístit do okna programu bez nutnosti psaní kódu v jazyce XAML.
- Editor vlastností umožňuje nastavit vlastnosti použitých objektů.

### 3.5.3 Realizace programu

Program naplňuje pole o velikosti tří minut, v milisekundách je to  $3 \cdot 60000$  telegramů na náhodných pozicích o délce 66,6667 milisekund. Délka telegramu se vypočítá následovně.

- Přenosová rychlost 2400 bps. [14]
- Průměrná délka telegramu je 20 Byte, což odpovídá 160 bitům. [14]

do 1 sekundy by se mělo vejít přesně 15 telegramů ( $2400 : 160 = 15$ ) za předpokladu, že budou srovnány plynule za sebou. Z tohoto vypočteme  $1 : 15 = 0,06666$  - každý telegram tedy zabíral 66,6 milisekundy.

Obrázek 3.9: Ukázka výstupu programu

```

C:\windows\system32\cmd.exe
Vysíláno: 150411,150412,150413,150414,150415,150416,150417- uspěšně
Vysíláno: 144182,144183,144184,144185,144186,144187,144188- uspěšně
Vysíláno: 138550,138551,138552,138553,138554,138555,138556- uspěšně
Vysíláno: 111010,111011,111012,111013,111014,111015,111016- uspěšně
Vysíláno: 100962,100963,100964,100965,100966,100967,100968- uspěšně
Vysíláno: 28597,28598,28599,28600,28601,28602,28603- kolize
Vysíláno: 125584,125585,125586,125587,125588,125589,125590- uspěšně
Vysíláno: 173587,173588,173589,173590,173591,173592,173593- uspěšně
Vysíláno: 86972,86973,86974,86975,86976,86977,86978- uspěšně
Vysíláno: 37462,37463,37464,37465,37466,37467,37468- uspěšně
Vysíláno: 10738,10739,10740,10741,10742,10743,10744- uspěšně
Vysíláno: 40716,40717,40718,40719,40720,40721,40722- uspěšně
Vysíláno: 32490,32491,32492,32493,32494,32495,32496- uspěšně
Vysíláno: 152496,152497,152498,152499,152500,152501,152502- kolize
Vysíláno: 152913,152914,152915,152916,152917,152918,152919- uspěšně
Vysíláno: 158387,158388,158389,158390,158391,158392,158393- uspěšně
Vysíláno: 34093,34094,34095,34096,34097,34098,34099- uspěšně
Vysíláno: 148250,148251,148252,148253,148254,148255,148256- uspěšně
Vysíláno: 147764,147765,147766,147767,147768,147769,147770- uspěšně
Vysíláno: 152545,152546,152547,152548,152549,152550,152551- uspěšně
Vysíláno: 143058,143059,143060,143061,143062,143063,143064- uspěšně
Vysíláno: 177351,177352,177353,177354,177355,177356,177357- uspěšně
Vysíláno: 113970,113971,113972,113973,113974,113975,113976- uspěšně
Vysíláno: 127626,127627,127628,127629,127630,127631,127632- uspěšně
Celkem vysíláno: 992, počet kolizí 93

```

Struktura programu:

- Vytvoří se pole pro všechny vysílání.
- Vysílání pro všechny stanice se simulují pomocí cyklu. S počtem průchudů 62, nebo 91, s ohledem na to jakou stanici momentálně simulujeme.
- Další cyklus se stará o vysílání jedné stanice šestnáctkrát krát za tři minuty. Každé vysílání se generuje pomocí funkce random, která má za úkol vytvořit začátek telegramu náhodné době.
- Další cyklus vytváří pole pro telegram o jeho délce v milisekundách. Každý telegram se přidává do pole pro všechna vysílání a má jako poslední znak k ověření kolize.
- Postupně se projdou všechny vysílané telegramy a kontrolují z ostatními jestli nenastala kolize.
- Pokud nastane kolize zapíše se příznak na konci pole jako kolize, když část vysílaného slova koliduje, nemusím kontrolovat zbytek slova a oba dva telegramy se označí jako kolize.

- Výpis vysílacích slov do konzole se provádí pomocí dvou cyklů. Výstupem je konzole, ve které jsou zobrazena všechna vysílání, a na konci součet všech vysílání a kolizí. Viz obrázek (3.9).

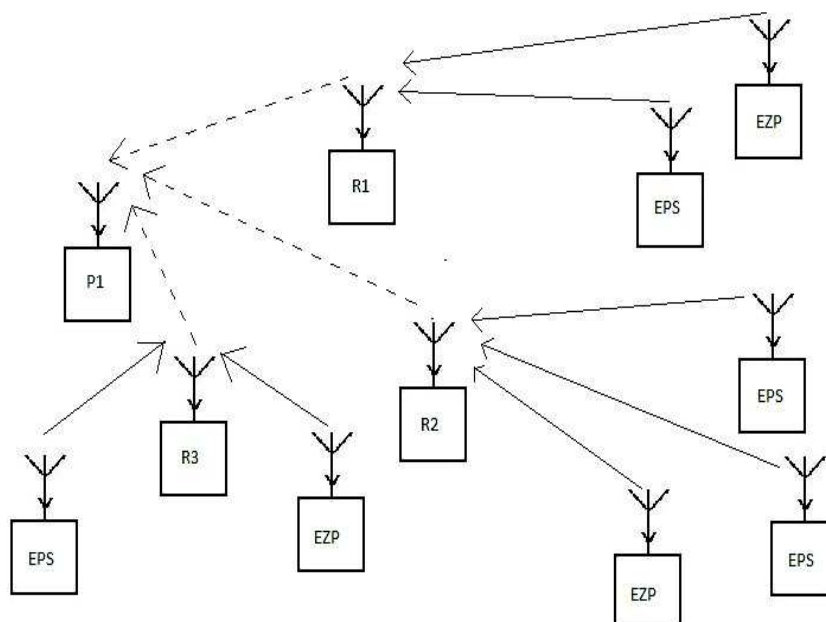
Po tisíci opakováních tohoto programu je průměrný počet kolizí:

- Pro 62 koncových zařízení 98 kolizí, to odpovídá 9,88 % možné kolize.
- Pro 91 koncových zařízení 170 kolizí, to odpovídá 11,68% možné kolize

### 3.5.4 Přidání retranslační stanice

Jedna z možností, jak zlepšit datovou propustnost, je přidání další retranslační stanice. Při správné volbě umístění této stanice, kterou by bylo možné umístit na výškovou budovu Domovu sester. Možnost přerozdělit počty koncových zařízení na jednotlivých stanicích.

Obrázek 3.10: Sít' s dalším převaděčem



Na obrázku (3.10) je zobrazeno schéma sítě, kde P1 znázorňuje přijímač na budově IBC Ostrava, R1, R2 a R3 na které jsou připojeny koncové zařízení EZP a EPS. Jednotlivé moduly jsou mezi sebou propojeny přes rádiový kanál. Přerušovaná šipka značí synchronní přenos řízený GPS a nepřerušovaná šipka přenos s náhodným přístupem.

Výhody:

- Větší datová propustnost na jednotlivých převaděčích.
- Zvýšení pokrytí dané oblasti.

Nevýhody:



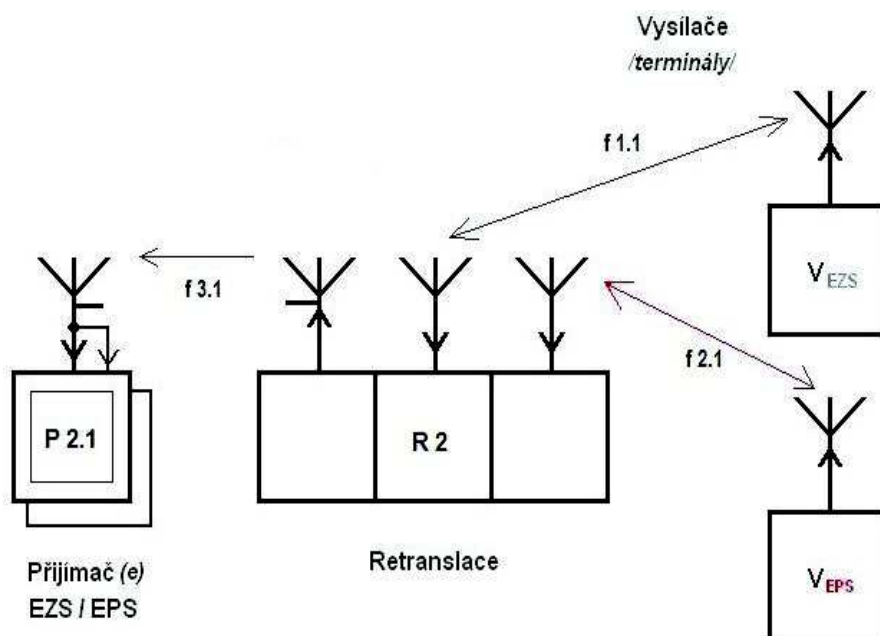
- Náklady na vybudování další stanice.
- Musel by se použít nový kmitočet, který by musel být pronajat.
- Přizpůsobení synchronizace vysílání na přijímač pro tři převaděče.

### 3.5.5 Obousměrná komunikace

Další možností je obousměrná komunikace mezi koncovými zařízeními a převaděčem. Tato volba by zajišťovala zpětné potvrzení o přijetí zprávy.

Koncová zařízení by vyslala telegram na retranslační stanici, která by odeslala zpět potvrzení o přijetí. Po doručení potvrzení na koncové zařízení by se odmlčelo až do doby vyslání dalšího telegramu. Tím by vzniklo více prostoru pro ostatní vysílání.

Obrázek 3.11: Obousměrné komunikace



Výhody:

- Větší datová propustnost na jednotlivých převaděčích.
- Potvrzování telegramů.

Nevýhody:

- Náklady na vybudování další stanice.
- Musela by se použít nový kmitočet, který by musel být pronajat.



## 4 Závěr

Tato práce se zabývá ostravskou bezpečnostní sítí, která je rozlehlá po celé Ostravě. Má za úkol ochránit hlídané objekty před případným narušením, nebo požáry a tyto hrozby eliminovat zavoláním bezpečnostních složek.

V první kapitole této práce jsou popsána kmitočtová pásma a podrobněji rozepsané vlastnosti krátkých, velmi krátkých a ultrakrátkých. Dále digitální modulace v komunikační technice, konkrétně FSK, PSK, ASK, QPSK. Elektrické rádiové moduly a antény využívané v dálkových ovladačích s infračerveným a radiovým signálem. Také moduly a antény v měřicí a řídicí technice se zaměřením na detektory a čidla nacházející se v hasičské síti.

V druhé část této práce se zabývá datovou propustností aktuálně využívané ostravské sítě pro přenos z požárních hlásičů na převaděč, která se simulovala pomocí programu psaném v C#, jehož výstupem je počet kolizí ve vysílání o délce 3 minut. pro 62 koncových zařízení 98 kolizí, to odpovídá 9,88 % možné kolize a pro 91 koncových zařízení 170 kolizí, to odpovídá 11,68% možné kolize. Analýza rušení byla provedena pomocí USB tuneru Rafael Micro R820T s čipsetem RTL2832U a počítačem s operačním systémem Ubuntu 14.04, na kterém byly nainstalovány software Librtlsdr, GNU radio GQRX, Teamviewer a Kazam, tyto měření neukázaly žádné rušení. Proto byly vypsány pouze teoretické vlivy na rušení.

Následně byly vymyšleny dvě teoreticky zlepšené varianty systému. První se zabývá obousměrným přenosem, kdy koncové vysílače přijímají zprávu o potvrzení přijetí z převaděče a druhá přidáním dalšího převaděče, který by se při správném umístění, které by bylo na výškové budově domova sester. Hlavní výhodou tohoto řešení je větší pokrytí oblasti. Oba tyto návrhy mají lepší vlastnosti v oblasti datové propustnosti.



## 5 Použitá literatura

- [1] DOBEŠ, Josef. Moderní radiotechnika. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2006, 767 s. ISBN 80-7300-132-2.
- [2] PIPEK, Kamil. RADOM. Konfigurační program pro SRE4x. Pardubice, srpen 2000..
- [3] Rádiový přijímač RRX10400. [online]. [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: view-source:[http://www.radom.eu/produkty-a-sluzby/ochrana-majetku/pulty-centralizovane-ochrany-pco-/dispecerske-monitorovaci-pracoviste/zarizeni-pro-prijem-informaci-z-hlidanych-objektu/radiovy-prijimac-rrx10400.htm02\\_zakladni-pojmy-v1](http://www.radom.eu/produkty-a-sluzby/ochrana-majetku/pulty-centralizovane-ochrany-pco-/dispecerske-monitorovaci-pracoviste/zarizeni-pro-prijem-informaci-z-hlidanych-objektu/radiovy-prijimac-rrx10400.htm02_zakladni-pojmy-v1)
- [4] Rádiový vysílač. RADOM. STX23/400 objektové přenosové zařízení [online]. [cit. 2015-05-01]. Dostupné z: <http://www.radom.eu/produkty-a-sluzby/ochrana-majetku/pulty-centralizovane-ochrany-pco-/objektova-zarizeni/i-na-bazi-radioveho-prenosu-400mhz/objektovy-vysilac-stx-23400.htm>
- [5] DVORSKÝ, Marek. Základní pojmy. Zakladni-pojmy [online]. 5.2.2011 [cit. 2015-05-01]. Dostupné z: <http://comtech.vsb.cz/moodle/Radiokomunikacnitechnika>
- [6] DVORSKÝ, Marek. Šíření vln. Sireni-vln [online]. 5.2.2011 [cit. 2015-05-01]. Dostupné z: <http://comtech.vsb.cz/moodle/Radiokomunikacnitechnika>
- [7] KORF, Ing. Jindřich. Digitální modulace. TKS\_2 - dig.modulace.ppt [online]. 26.4.2012 [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: [http://zefram.klfree.net/cvut/TKS\\_2%20-%20dig.modulace.ppt](http://zefram.klfree.net/cvut/TKS_2%20-%20dig.modulace.ppt)
- [8] SLEZÁK, Pavel. ELEKTROMAGNETICKÉ VLNĚNÍ PRO PŘENOS RÁDIOVÝCH A TV SIGNÁLŮ. ročníková práce [online]. 2002, [cit. 2011-01-04]. Dostupné z WWW: < <http://elmag.sps.sweb.cz/> >.
- [9] Elektronické požární systémy. Požární ochrana staveb [online]. [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/4793-pozarni-ochrana-staveb-zarizeni-autonomni-detekce-a-signalizace#>
- [10] DVORSKÝ, Marek. Rádiový přímač. Prijimace-v1 [online]. 5.2.2011 [cit. 2015-05-01]. Dostupné z: <http://comtech.vsb.cz/moodle/Radiokomunikacnitechnika>
- [11] DVORSKÝ, Marek. Antény. 08\_antenyI-v1.1 [online]. 5.2.2011 [cit. 2015-05-01]. Dostupné z: <http://comtech.vsb.cz/moodle/Radiokomunikacnitechnika>

- [12] PAVLIŠTÍK, Radek. Elektronické požární systémy. Požární ochrana staveb - zařízení autonomní detekce a signalizace Zdroj: <http://www.tzb-info.cz/4793-pozarni-ochrana-staveb-zarizeni-autonomni-detekce-a-signalizace> [online]. 14.4.2008 [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: <http://www.alcamprofi.cz/elektricka-pozarni-signalizace-eps-evakuacni-rozhlas-er.html>
- [13] LOLA, Martin. ELEKTRONICKÉ ZABEZPEČOVACÍ SYSTÉMY. ELEKTRONICKÉ ZABEZPEČOVACÍ SYSTÉMY, BEZPEČNOSTNÍ SYSTÉMY [online]. [cit. 2015-05-01]. Dostupné z: <http://www.falcocomputer.cz/elektroinstalace/ezs-elektronicke-zabezpecovaci-systemy>
- [14] PIPEK, Kamil. RADOM. STUDIE O MOŽNOSTECH VYUŽITÍ INTELIGENTNÍ RETRANSLAČNÍ STANICE V SYSTÉMU PCO. Pardubice, 31.8.1998.
- [15] TeamViewer. TeamViewer - Free Remote Control, Remote Access & Online Meetings [online]. [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: <https://www.teamviewer.com/en/index.aspx>
- [16] Kazam. Screencast and screenshot application created with design in mind &mdash; Ubuntu Apps Directory [online]. [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: <https://apps.ubuntu.com/cat/applications/kazam>
- [17] Radiové spektrum. ČESKÝ TELEKOMUNIKAČNÍ ÚŘAD. VYUŽITÍ RÁDIOVÉHO SPEKTRA [online]. 24. 4. 2015 [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: <http://spektrum.ctu.cz/>
- [18] DANĚK, Karel. Moderní rádiový přijímač kniha o jeho návrhu. 1. vyd. Praha: BEN, 2005, 216 s. ISBN 80-7300-142-X
- [19] ZAJÍČEK, Dušan. Bezdrátové dálkové ovládání. Bezdrátové dálkové ovládání [online]. 24. 4. 2015 [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/bezdratove-dalkove-ovladani--16128>
- [20] VŠESMĚROVÁ ANTÉNA. ZÁKLADNOVÁ VŠESMĚROVÁ ANTÉNA [online]. [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: <http://www.rcd.cz/user-files/tinymce/files/bo400-cz.pdf>
- [21] Elektronický zabezpečovací systémy. Produkty [online]. [cit. 2015-05-03]. Dostupné z: [http://www.mabecom.cz/kategorie/2-ezs\\_eps\\_cctv\\_elektronicke\\_zabezpecovaci\\_systemy\\_a\\_kamery\\_-cs.html](http://www.mabecom.cz/kategorie/2-ezs_eps_cctv_elektronicke_zabezpecovaci_systemy_a_kamery_-cs.html)



## **6 Seznam příloh**

Příloha A: .....Program pro simulaci kolizí

---

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;

namespace _4TomPolasek
{
    class Program
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            // Pole pro všechny vysílání
            List<int[]> vysilani = new List<int[]>();
            Random r = new Random();

            // vysílání pro všechny stanice
            for (int i = 0; i < 62; i++)
            {
                // každá stanice vysílá 16x
                for (int j = 0; j < 16; j++)
                {
                    // Random číslo
                    int number = r.Next(0, 179994);

                    // pole pro vysílané slovo
                    int[] pole = new int[8];

                    // naplnění slova
```

---

```
        for (int k = 0; k < 7; k++)
        {
            pole[k] = number + k;
        }

        // poslední prvek pole = příznak je-li kolize, využije se později
        pole[7] = 0;
        // přidání slova do vysílání
        vysilani.Add(pole);
    }
}

// Postupně projdu všechny vysílané slova a kontroluji z ostatními jestli
nenastala kolize
for (int i = 0; i < vysilani.Count; i++)
{
    // uložím si do pomocného pole vysílané pole
    int[] vysilaci = vysilani[i];

    // Cyklus který postupně projde zbylé vysílání
    for(int j = 0; j < vysilani.Count; j++)
    {
        // prochází celé takže kontroluje i to naše vysílání = přeskočím
        if (i == j)
            continue;

        // uložím si následující vysílání a zkontroluji
        int[] kontrolovane = vysilani[j];
        int vPocet = vysilaci.Length - 1;
```



---

```
// kontrola jestli nenastala kolize
for(int k = 0; k < vPocet; k++)
{
    int kPocet = kontrolovane.Length - 1;
    for(int l = 0; l < kPocet; l++)
    {
        // pokud nastane kolize nastavim pžiznak na konci pole
        if (vysilaci[k] == kontrolovane[l])
        {
            vysilaci[7] = -1;
            // pokud část vysílaného slova zkoliduje, nemusím kontrolovat
zbytek slova = kolize
            break;
        }
    }
}

// Vypis vysilacích slov
int kolize = 0;
foreach(var x in vysilani)
{
    Console.Write("Vysíláno: ");
    for(int i = 0; i < x.Length-2; i++)
    {
        Console.Write("{0},", x[i]);
    }
    Console.Write("{0}", x[6]);
    if (x[7] == -1)
```

---

```
        {
            Console.Write(" - kolize\n");
            kolize++;
        }
        else
            Console.Write(" - úspěšně\n");
    }
    Console.WriteLine("Celkem vysíláno: {0}, počet úspěšných vysílání: {1}, počet
kolizí {2}", vysilani.Count, (vysilani.Count-kolize), kolize);

    }
}
}
```